第16講

3　熱化学の計算

⑵　反応エンタルピーの求め方②（ヘスの法則）

ⅲ　公式から求める

ⓐ　生成エンタルピー＋仲間はずれ（反応エンタルピーQ kJ/mol）　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝（右辺の生成エンタルピーの和）－（左辺の生成エンタルピーの和）

例題　二酸化炭素の生成エンタルピーは－394kJ/mol，水（液体）の生成エンタルピーは－286kJ/mol，プロパンの燃焼エンタルピーは－2222kJ/molであるとき，プロパンの生成エンタルピーはいくらか。　解：－104kJ/mol

ⓑ　燃焼エンタルピー＋仲間はずれ（反応エンタルピーQ kJ/mol）　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝（左辺の燃焼エンタルピーの和）－（右辺の燃焼エンタルピーの和）

例題　一酸化炭素，水素の燃焼エンタルピーがそれぞれ－283kJ/mol，－286kJ/mol，一酸化炭素と水素からメタノール1molを合成するときの反応エンタルピーが－93kJ/molのとき，メタノールの燃焼エンタルピーはいくらか。

解：－762kJ/mol

ⓒ　結合エネルギー＋仲間はずれ（反応エンタルピーQ kJ/mol）　のとき

仲間はずれのH式を書き，以下の公式に数値を代入する。

Q＝（左辺の結合エネルギーの和）－（右辺の結合エネルギーの和）

例題　H－H，N－H，N≡Nの結合エネルギーがそれぞれ436kJ/mol，390kJ/mol，942kJ/molであるとき，アンモニアの生成エンタルピーはいくらか。

解：－45kJ/mol

3　反応速度

反応速度に関して苦手意識を持っている人が多い。しかし，入試問題の出題パターンは完全に決まっており，その一通りをきちんと押さえておけば必ず解ける。反応速度を大きくするにはどうすればいいのか。反応速度はどのように表すことができるのか。どんな実験からそれを求めることができるのか。演習問題を利用してしっかり触れておこう。

(1)　反応経路

$A_2 + B_2 \longrightarrow 2AB$

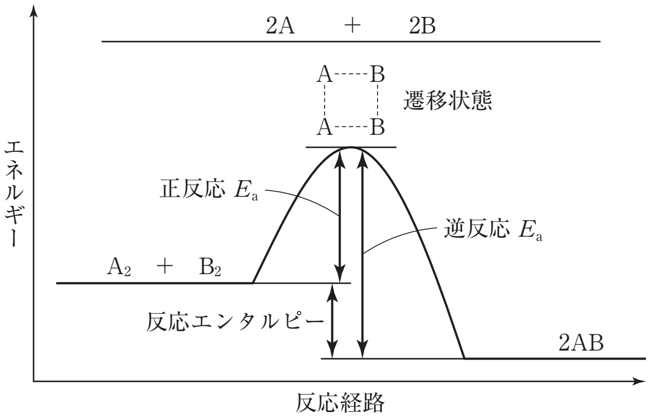
①反応物 A_2 と B_2 の衝突

②遷移状態(活性化状態)

：活性錯合体になっている

③生成物 AB

このとき，遷移状態になるために必要なエネルギー，すなわち反応が進行するために必要なエネルギーを活性化エネルギー(E_a)という。



第16講　演習問題

3

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで，問1～問5に答えよ。

25℃，1.013×10^5 Paにおける気体のエタンC_2H_6とプロパンC_3H_8の生成エンタルピーはそれぞれ－84kJ/mol，－105kJ/mol，炭素の昇華エンタルピーが717kJ/mol，水素分子のH－H結合の結合エネルギーが436kJ/molである。また，エタンやプロパンにおけるC－C結合の結合エネルギーをQ_1(kJ/mol)，C－H結合の結合エネルギーをQ_2(kJ/mol)とし，それらは化合物によらず一定とする。

問1　エタンの解離エネルギーQを，Q_1とQ_2を用いて表せ。

問2　エタンの生成エンタルピーをQ_1とQ_2を用いて表せ。

問3　プロパンの生成エンタルピーをQ_1とQ_2を用いて表せ。

問4　Q_1およびQ_2の値を求めよ。

問5　問4で得られたQ_1およびQ_2の値を用いて，ブタンC_4H_{10}(気)の生成エンタルピーを求めよ。

〔Ⅲ〕 次の問1～問4に答えよ。必要であれば以下の化学反応式とエンタルピー変化ΔHを用いよ。

$$H_2(\text{気体}) + \frac{1}{2}O_2(\text{気体}) \longrightarrow H_2O(\text{液体}) \quad \Delta H = -286\,\text{kJ}$$

$$C(\text{黒鉛}) + \frac{1}{2}O_2(\text{気体}) \longrightarrow CO(\text{気体}) \quad \Delta H = -111\,\text{kJ}$$

$$C(\text{黒鉛}) + O_2(\text{気体}) \longrightarrow CO_2(\text{気体}) \quad \Delta H = -394\,\text{kJ}$$

$$\frac{1}{2}N_2(\text{気体}) + \frac{1}{2}O_2(\text{気体}) \longrightarrow NO(\text{気体}) \quad \Delta H = 90.4\,\text{kJ}$$

$$\frac{1}{2}N_2(\text{気体}) + O_2(\text{気体}) \longrightarrow NO_2(\text{気体}) \quad \Delta H = 33.9\,\text{kJ}$$

問1　1.0 molのCO(気体)を燃焼させてCO_2(気体)が生成するときに発生する熱量と，ある物質量のNO(気体)を燃焼させてNO_2(気体)が生成するときに発生する熱量が同じであった。このときのNO(気体)の物質量(mol)を有効数字2桁で求めよ。

問2　不斉炭素原子をもたないα-アミノ酸であるグリシン(固体)1.0 molを完全燃焼させたところ，CO_2(気体)，H_2O(液体)，N_2(気体)が生じ，966 kJの熱を発生した。この反応の化学反応式とエンタルピー変化ΔHを示せ。なお, すべての物質の表記は化学式とし, 物質の状態も記すこと。

問3　グリシン(固体)の生成エンタルピー(kJ/mol)を有効数字3桁で求めよ。

問4　アミノ酸同士の脱水反応により縮合した化合物をペプチドという。あるペプチドが1.0 mol生成したとき，この脱水縮合反応における結合エネルギーの変化量として，48.0 kJの増加が認められた。このペプチドは何分子のアミノ酸の脱水縮合化合物であるか答えよ。なお，C−N，C−O，N−H，O−Hの結合エネルギーは右の表のとおりとする。

結合	C−N	C−O	N−H	O−H
結合エネルギー(kJ/mol)	292	352	391	463

第16講　確認テスト

1　N≡N結合の結合エネルギーを945kJ/mol，N−H結合の結合エネルギーを391kJ/mol，H−H結合の結合エネルギーを436kJ/molとするとき，次の(1)，(2)に答えよ。ただし，原子量はH＝1，N＝14とする。

(1)　窒素分子1molと水素分子3molを，それぞれ結合を切断して，窒素原子2molと水素原子6molをつくりたい。このとき，必要なエネルギーはあわせて何kJか。最も近い値を，次の㋐～㋓の中から一つ選べ。

㋐　1127　　㋑　1308　　㋒　2253　　㋓　3380

(2)　窒素224gと水素48gの混合気体がある。これを完全に反応させてアンモニアをつくった。このとき，発生する熱量は何kJか。最も近い値を，次の㋐～㋓の中から一つ選べ。

㋐　279　　㋑　372　　㋒　558　　㋓　744

〈Note〉

第16講　演習問題

3

〔Ⅱ〕 問1　$Q = Q_1 + 6Q_2$

問2　$2742 - Q_1 - 6Q_2$ (kJ/mol)

問3　$3895 - 2Q_1 - 8Q_2$ (kJ/mol)

問4　$Q_1 = 348$　　$Q_2 = 413$

問5　-126 kJ/mol

〔Ⅲ〕 問1　5.0 mol

問2　$C_2H_5O_2N$(固体) $+ \frac{9}{4}O_2$(気体)

$\longrightarrow 2CO_2$(気体) $+ \frac{5}{2}H_2O$(液体) $+ \frac{1}{2}N_2$(気体)　$\Delta H = -966$ kJ

問3　-537 kJ/mol

問4　5分子

第16講　確認テスト

1　(1)　㋒　　(2)　㋓

【解説】

(1)　N≡N結合の結合エネルギー1 mol分と，H−H結合の結合エネルギー3 mol分の合計であるため，

$945\times1+436\times3=\boxed{2253}$ (kJ)

(2)　アンモニアの生成エンタルピーを Q (kJ/mol) とすると，

$$\frac{1}{2}N_2+\frac{3}{2}H_2\longrightarrow NH_3\quad \Delta H=Q\,\mathrm{kJ}$$

より，$Q=\frac{1}{2}\times945+\frac{3}{2}\times436-391\times3$

$Q=-46.5$ (kJ/mol)

今回は窒素を224 g (8 mol) と水素48 g (24 mol) を反応させているので，アンモニアが16 mol生成する。このとき発生する熱量は

$46.5\times16=\boxed{744}$ kJ